

ANALIZĂ EXERGOECONOMICĂ ȘI OPTIMIZARE COST/CALITATE

Prof. dr. ing. Ion IONIȚĂ

UNIVERSITATEA „Dunărea de Jos” Galați

Abstract. The paper deals with the procedures to analyse and to optimize the both thermal and industrial systems. It starts from energy analysis based on the first thermodynamics law and reaches to cost-to quality optimization, which is combining exergo-economic analysis with quality analysis of the products and services. In the same time the paper proposes the differentiated utilization of the measure unit [kWh] for exergie, versus [kJ] for energy, composed, as everybody knows, of exergy and anergy.

1. INTRODUCERE

Plecăm de la constatarea că în folosirea energiei utilizăm diferite conversii ale acesteia de la o formă la alta. Principalele forme de energie utilizabilă pe care le întâlnim în activitatea curentă sunt: energie termică, energie mecanică și energie electrică. Să remarcăm că ultimele două nu pot fi decât exergii, pe când energia termică, în funcție de temperatură agentului termic, este în general formată din exergie și anergie (ecuația 3).

În fig.1 este reprezentată diagrama de calitate a energiei termice. În construirea diagramei s-au avut în vedere relațiile de calcul pentru exergia (E) și anergia (A) căldurii [1]

$$\dot{E}(T) = \dot{Q} \left(1 - \frac{T_o}{T} \right) \quad (1)$$

$$\dot{A}(T) = \dot{Q} \frac{T_o}{T} \quad (2)$$

$$\dot{Q} = \dot{E}(T) + \dot{A}(T) \quad (3)$$

Folosind aceste ecuații și reprezentând grafic în mod convenabil funcțiile $\dot{E}(T)$ și $\dot{A}(T)$ s-a obținut un graf în care calitatea căldurii este evidențiată clar în funcție de temperatura ei.

În această reprezentare grafică se observă că fluxul de exergie \dot{E} (energia utilizabilă) care se poate obține dintr-un flux de căldură (\dot{Q}), depinde de nivelul termic (T) la care se află mărimea (\dot{Q}).

Cu cât temperatura (T) este mai ridicată, calitatea căldurii este mai mare. Dacă însă se reduce temperatura (T) a agentului termic, exergia căldurii scade, putând chiar să se anuleze la temperatura mediului ambient (T_o). Sub temperatura mediului ambient (T_o) exergia este nulă și ea nu poate fi niciodată negativă. Analiza instalațiilor frigorifice operează cu exergii negative în mod convențional, în sensul că pentru extragerea căldurii se utilizează energie electrică sau termică de potențial ridicat. Semnul minus al exergiei utilizate la instalațiile frigorifice arată că această exergie este consumată și nu produsă, ca în cazul instalațiilor de putere.

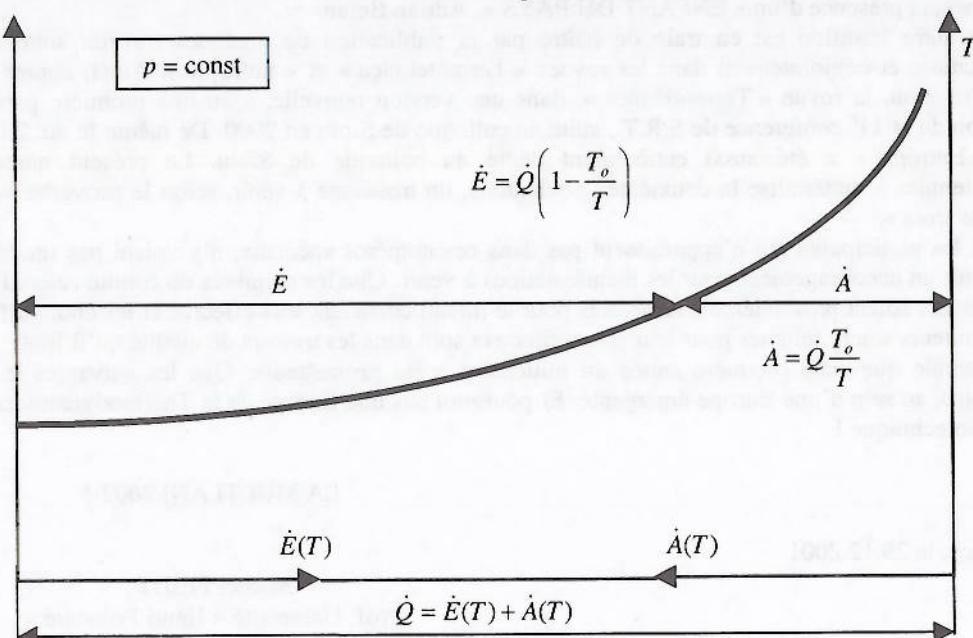


Fig.1. Diagrama de calitate a energiei termice.

2. EFICIENȚA ENERGETICĂ A CONVERSIIILOR DE ENERGIE

Prima modalitate de a defini eficiența unui sistem energetic s-a bazat pe primul principiu al termodinamicii, principiul conservării energiei. Conform acestui principiu energia nu se distrugе niciodată, ea trece doar dintr-o formă în alta.

De exemplu, la un cazan de abur, pentru energia consumată Q_c [kJ/(kg sau m_N^3 comb.)] care intră în agregatul de cazan, a fost identificată energia utilă obținută Q_u și pe baza primului principiu a fost scrisă ecuația de bilanț energetic

$$Q_c = Q_u + Q_p \quad [\text{kJ}/(\text{kg sau } m_N^3 \text{ c.})] \quad (4)$$

În ecuația (4) mărimea Q_p reprezintă suma pierderilor de energie cu care funcționează agregatul de cazan.

Dacă definim eficiența acestui sistem energetic prin randamentul său $\eta = Q_u/Q_c$, folosind ecuația (4) se poate scrie:

$$\eta = 1 - \frac{Q_p}{Q_c} \quad (5)$$

Să remarcăm însă că analiza energetică a unui sistem, bazată doar pe primul principiu al termodinamicii, nu evidențiază nici un fel de pierderi prin irreversibilitatea proceselor de transfer energetic, deși irreversibilitățile termice se produc cu pierderi apreciabile.

3. ANALIZA EXERGETICĂ A CONVERSIIILOR DE ENERGIE

Spre deosebire de energie, indestructibilă conform primului principiu, partea utilizabilă a energiei și anume exergia, poate fi ușor distrusă în cadrul proceselor ireversibile. Legătura dintre energie și exergia căldurii este reflectată de ecuația (1).

Dacă se aplică în mod combinat primele două principii ale termodinamicii se ajunge la posibilitatea analizării exergetice a conversiilor de energie.

Considerăm un sistem energetic în regim staționar în care la intrare deosebim fluxul de exergie \dot{E}_c [kW], iar la ieșire, fluxul de exergie utilă \dot{E}_u [kW]. Bilanțul exergetic al sistemului se poate scrie astfel:

$$\dot{E}_c = \dot{E}_u + \dot{E}_p + \dot{E}_d \quad (6)$$

În ecuația (6) mărimea \dot{E}_p [kW] reprezintă fluxul de exergie pierdută, iar mărimea \dot{E}_d [kW] este fluxul de exergie distrusă prin irreversibilități.

Pentru a exprima eficiența sau randamentul exergetic ϵ al sistemului scriem:

$$\epsilon = \frac{\dot{E}_u}{\dot{E}_c} = \frac{\dot{E}_c - (\dot{E}_p + \dot{E}_d)}{\dot{E}_c} = 1 - \frac{\dot{E}_p + \dot{E}_d}{\dot{E}_c}. \quad (7)$$

Randamentul exergetic ϵ al unui sistem energetic este afectat de pierderile de exergie \dot{E}_p (de exemplu către sursa rece), dar și de distrugerile de exergie \dot{E}_d ,

datorită irreversibilității proceselor (de ardere, de transfer termic, de frecare etc.)

Tocmai fluxul de exergie distrusă \dot{E}_d deosebește fundamental analiza energetică, bazată pe primul principiu al termodinamicii, de analiza exergetică, bazată pe aplicarea combinată a primelor două principii.

Pentru a exprima legătura dintre *randamentul energetic* η și *randamentul exergetic* ϵ , să apelăm la relația (1) care exprimă relația dintre fluxul de căldură \dot{Q} (energie) și fluxul de exergie a căldurii, \dot{E} . Posibilitatea convertirii căldurii în exergie depinde de nivelul de temperatură T al agentului termic.

În ecuația (6), considerând că fluxul de exergie distrusă este nul ($\dot{E}_d = 0$), așa cum rezultă din aplicarea doar a primului principiu al termodinamicii, se obține:

$$\epsilon^1 = 1 - \frac{\dot{E}_p}{\dot{E}_c} = 1 - \frac{\left(1 - \frac{T_0}{T}\right)\dot{Q}_p}{\left(1 - \frac{T_0}{T}\right)\dot{Q}_c} = 1 - \frac{\dot{Q}_p}{\dot{Q}_c} = \eta \quad (8)$$

Am ajuns tocmai la expresia randamentului energetic η , ecuația (5).

Cu ajutorul ecuațiilor (1), (5) și (7) se poate scrie o relație între randamentul energetic η , randamentul exergetic ϵ și distrugerea relativă de exergie \dot{E}_d/\dot{E}_c :

$$\epsilon = \eta - \frac{\dot{E}_d}{\dot{E}_c} \quad (9)$$

Pentru că ține cont și de distrugerea relativă de exergie \dot{E}_d/\dot{E}_c , randamentul exergetic ϵ este mult mai mic decât randamentul energetic η .

4. ANALIZA EXERGOECONOMICĂ

Există sisteme energetice pentru care fluxul de exergie consumată \dot{E}_c există în natură în proporții substantiale și care par gratuite: energia solară directă, energia hidraulică, energia eoliană și altele. Pentru a fi consumate însă, aceste rezerve energetice, ca oricare altele, au nevoie de investiții pentru realizarea instalațiilor de conversie energetică, precum și de cheltuieli de exploatare și întreținere. În prezentarea făcută până acum însă, nu s-a vorbit deloc de costuri, subînțelegându-se că dacă randamentul sistemului este ridicat, consumul de combustibil este scăzut și că în mod automat aceasta înseamnă costuri minime. Această ultimă concluzie este valabilă doar parțial, referitor la costurile de combustibil. Pentru a obține însă un produs energetic, mai trebuie să existe o instalație energetică, precum și un sistem de exploatare și întreținere a ei. Toate aceste categorii de eforturi au un suport economic, de care se ocupă *analiza exergoeconomică*. De exemplu, energia solară directă, energia hidraulică și energia eoliană sunt gratuite, pentru intrarea lor în sistemul energetic de conversie nu se plătește nimic. Fundamental deosebite în această privință sunt instalațiile energetice clasice, care funcționează cu

combustibil organic sau nuclear, al căror cost contribuie cu cca 60% la costul de producere a energiei. Ce reprezintă însă restul de 40%? Care este situația instalațiilor energetice solare, hidraulice sau eoliene, la care costul combustibilului este zero? Răspunsul la aceste întrebări nu îl poate da analiza exergetică, este nevoie de combinarea ei cu analiza economică. Ecuatărea bază a analizei exergoeconomice exprimă rata de cost a produsului \dot{C}_P în funcție de trei termeni compoziți:

$$\dot{C}_P = \dot{C}_C + \dot{C}_{CI} + \dot{C}_{EI} \quad [\text{lei/s}] \quad (10)$$

unde: \dot{C}_C este rata de cost a resurselor consumate, [lei/s]; \dot{C}_{CI} – rata de cost corespunzător capitalului investit, [lei/s]; \dot{C}_{EI} – rata de cost corespunzător exploatare și întreținerii instalației, [lei/s].

Ecuatărea (10) exprimă modalitatea de operare a oricărei analize tehnico-economice. În ultimii 20 de ani însă, în termodinamică, odată cu înflorirea analizei exergetice, aceasta a fost împreună cu analiza economică, rezultatul fiind *analiza exergoeconomică* [5, 6, 9, 10]. Analiza exergoeconomică atribuie fiecărui flux energetic un cost, în general practicând costurile specifice exprimate în lei/(kJ sau kWh). Pentru fluxurile exergetice materiale de intrare \dot{E}_i și de ieșire \dot{E}_e din sistemul energetic, pentru puterea \dot{W} și pentru fluxul de căldură transferată \dot{E}_q se calculează ratele de cost \dot{C} [2]:

$$\dot{C}_i = c_i \dot{E}_i = c_i (\dot{m}_i e_i) \quad [\text{lei/s}] \quad (11)$$

$$\dot{C}_e = c_e \dot{E}_e = c_e (\dot{m}_e e_e) \quad [\text{lei/s}] \quad (12)$$

$$\dot{C}_w = c_w \dot{W} \quad [\text{lei/s}] \quad (13)$$

$$\dot{C}_q = c_q \dot{E}_q \quad [\text{lei/s}] \quad (14)$$

unde: \dot{C}_i și \dot{C}_e sunt ratele de cost corespunzătoare debitelor materiale de intrare și, respectiv, de ieșire, [lei/s]; \dot{C}_w – rata de cost a electricității, [lei/s]; \dot{C}_q – rata de cost a căldurii transferate, [lei/s].

În aceste relații mărimile c_i , c_e , c_w și c_q reprezintă costuri exergetice unitare [lei/(kJ sau kWh)], iar \dot{m}_i [kg/s] și \dot{m}_e [kg/s] reprezintă debitele masice de intrare și respectiv de ieșire din sistem pentru agenții termici. Mărimile e_i și e_e [kJ/kg] reprezintă exergiile specifice de intrare și de ieșire ale agenților termici, calculate în funcție de parametrii de calitate, temperatură [$^{\circ}\text{C}$] și presiune [bar]. Cu ajutorul fluxurilor de cost calculate cu relațiile (11-14) se scriu ecuațiile de bilanț exergoeconomic. De exemplu, pentru un sistem energetic Rankine, care primește fluxul de căldură \dot{E}_q și generează energia mecanică \dot{W} se poate scrie:

$$\sum_e \dot{C}_e + \dot{C}_w = \dot{C}_q + \sum_i \dot{C}_i + \dot{C}_{CI} + \dot{C}_{EI} \quad [\text{lei/s}] \quad (15)$$

Ecuatărea (15) arată că sistemul energetic care produce lucrul mecanic de flux valoric \dot{C}_w și produse secundare de flux valoric $\sum_e \dot{C}_e$, consumă în acest scop căldură de flux valoric \dot{C}_q , substanțe de flux valoric $\sum_i \dot{C}_i$, investiția de flux valoric \dot{C}_{CI} și cheltuieli de exploatare – întreținere de flux valoric \dot{C}_{EI} . Toți termenii ecuației (15) au dimensiunea [lei/s].

Analiza exergoeconomică răspunde bine la întrebarea privitoare la costul gratuit al energiei solare, hidraulice sau eoliene. Conform ecuației (10), la aceste instalații costul \dot{C}_C este nul, dar pentru a se obține produsul energetic \dot{C}_P , trebuie amenajate (costul \dot{C}_{CI}) și exploataate-intreținute (costul \dot{C}_{EI}) complexe instalații energetice: câmpuri de panouri solare, baraje pentru lacuri de acumulare și turbine hidraulice, vaste sisteme energetice de turbine eoliene de diametru mai mare (10...15 m), susținute pe stâlpi mai înalți (15...30 m).

Scopul analizei exergoeconomice este minimizarea costului produsului, conform ecuației (10). Pentru acest domeniu de vîrf al analizei sistemelor energetice contribuții remarcabile au Kotas (1985), Bejan, Tsatsaronis, Moran (1996), Valero (1999).

Cu ajutorul conceptelor de „exergie cumulativă” [8] și „însumarea exergiei extinse” [7] s-a putut arăta că analiza producției energetice face parte din analiza globală a producției de bunuri și servicii. Bogatul instrumentar de investigare termodinamică este pus astfel la dispoziția analizei producției materiale, care de multe ori apelează la experimente empirice.

Limita analizei exergoeconomice o constituie tratarea calității produselor ca o trăsătură implicită și nu ca o variabilă controlabilă. În secțiunea 6 vom reveni mai amănuntit la această afirmație.

5. CUM MĂSURĂM EXERGIA?

După cum se cunoaște, atât energia cât și exergia ca parte utilizabilă a energiei, au aceeași unitate de măsură, Joule. Apelând la diagrama de calitate a energiei (fig. 1) observăm că procedând aşa, ajungem să măsurăm atât exergia E , partea utilizabilă a energiei, cât și anergia A , partea inutilizabilă a energiei, cu aceeași unitate de măsură, Joule.

Situația este diferită în procesele energetice care utilizează electricitate, deci exergie. Acolo energia este măsurată în kWh, care într-adevăr reprezintă 3600 kJ, dar pentru că unitatea de măsură este din domeniul electric, ne gândim involuntar la exergie și nu la energie în general.

Măsurarea energiei utilizabile în practică (exergie) în Joule sau calorii poate conduce la erori. De exemplu, hotărârile de guvern din România limitează prețul energiei termice la o valoare P [lei/kJ].

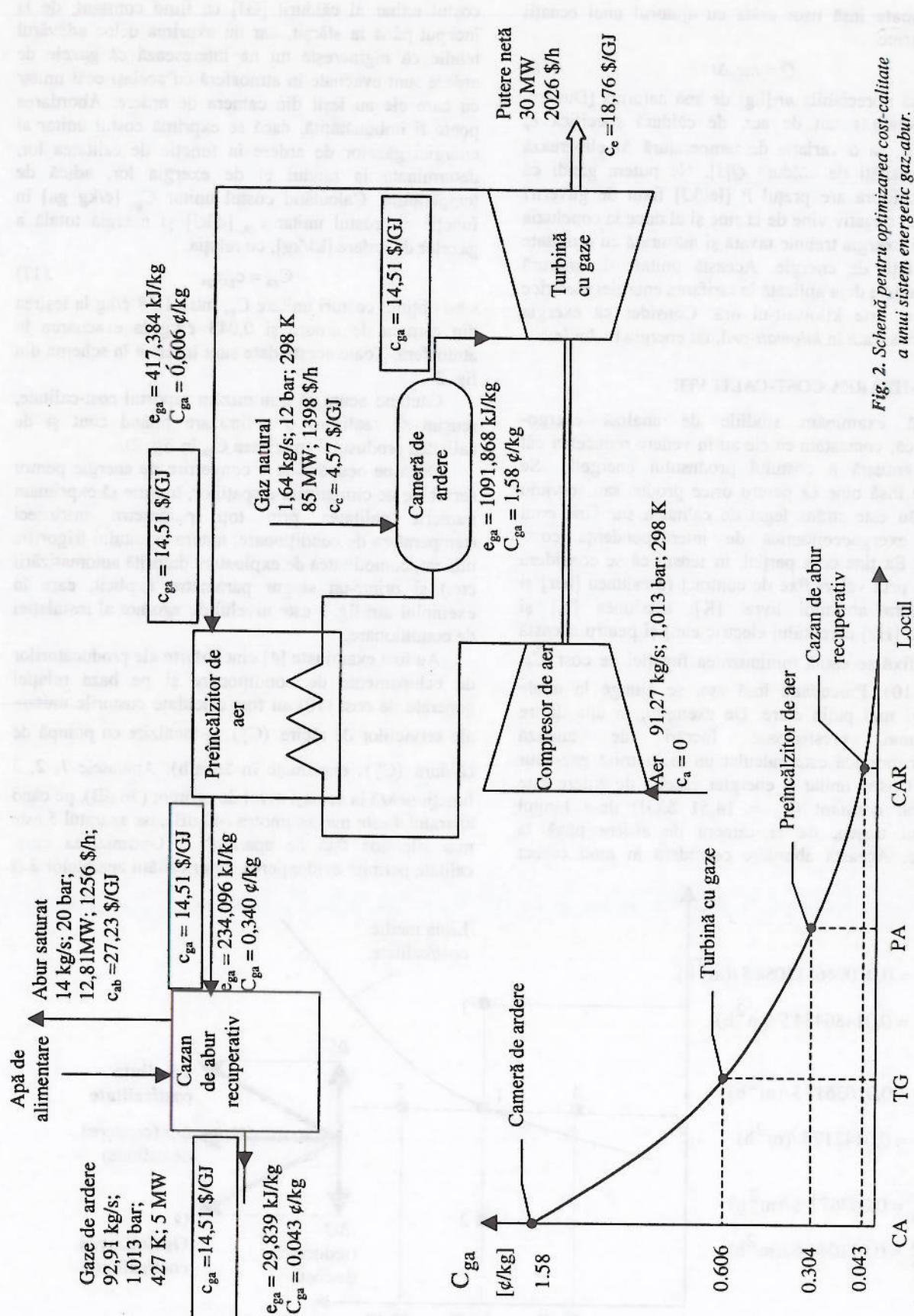


Fig. 2. Schemă pentru optimizarea cost-calitate a unui sistem energetic gaz-abur.

Se poate însă ușor arăta cu ajutorul unei ecuații calorimetrice

$$Q = mc_p \Delta t \quad (16)$$

că o masă apreciabilă m [kg] de apă naturală (Dunăre, Marea Neagră) sau de aer, de căldură specifică c_p [kJ/(kgK)], la o variație de temperatură Δt eliberează uriașe cantități de căldură Q [J]. Ne putem gândi că această căldură are prețul P [lei/kJ] fixat de guvern? Răspunsul negativ vine de la sine și el duce la concluzia că numai energia trebuie taxată și măsurată cu o unitate diferită față de energie. Această unitate de măsură există, ea este deja aplicată în tarifarea energiei electrice și anume, este kilowatt-ul oră. Consider că energia trebuie măsurată în *kilowatt-oră*, iar energia în *Joule*.

6. OPTIMIZAREA COST-CALITATE

Dacă examinăm studiile de analiză exergo-economică, constatăm că ele au în vedere reducerea cât mai accentuată a costului produsului energetic. Se cunoaște însă bine că pentru orice produs sau serviciu costul său este strâns legat de calitatea sa. Ține cont analiza exergoeconomică de interdependență cost-calitate? Ea ține cont parțial, în sensul că se consideră calitatea prin valori fixe de contract (presiunea [bar] și temperatura aburului livrat [K], tensiunea [V] și frecvența [Hz] curentului electric etc.) și pentru această calitate fixă se caută minimizarea funcției de cost \dot{C}_P (relația 10). Procedând însă așa, se ajunge la unele formulări mai puțin clare. De exemplu, în una dintre cele mai prestigioase lucrări de analiză exergoeconomică este calculat un ciclu mixt gaz-abur (fig. 2). Costul unitar al energiei gazelor de ardere este considerat constant ($c_{ga} = 14,51$ \$/GJ) de-a lungul întregului traseu, de la camera de ardere până la evacuare. Această abordare consideră în mod corect

costul unitar al căldurii [GJ] ca fiind constant, de la început până la sfârșit, dar nu exprimă deloc adevărul tehnic că inginerește nu ne interesează că gazele de ardere sunt evacuate în atmosferă cu același cost unitar cu care ele au ieșit din camera de ardere. Abordarea poate fi îmbunătățită, dacă se exprimă costul unitar al energiei gazelor de ardere în funcție de calitatea lor, determinată la rândul ei de exergia lor, adică de temperatură. Calculând costul unitar C_{ga} [\$/kg ga] în funcție de costul unitar c_{ga} [\$/kJ] și exergia totală a gazelor de ardere [kJ/kg], cu relația:

$$C_{ga} = c_{ga} e_{ga} \quad (17)$$

s-au obținut costuri unitare C_{ga} între 1,58 \$/kg la ieșirea din camera de ardere și 0,043 \$/kg la evacuarea în atmosferă. Toate aceste date sunt înscrise în schema din fig. 2.

Căutând acum să minimizăm raportul cost-calitate, reușim să realizăm o optimizare ținând cont și de calitatea produsului (mărimea C_{ga} în fig. 2).

Dacă ne ocupăm de o convertire de energie pentru serviciile de climatizare a spațiilor, trebuie să exprimăm numeric calitatea prin toți parametrii intrinseci (temperatura de condiționare, natura agentului frigorific utilizat, comoditatea de exploatare datorită automatizării etc.) și printr-un singur parametru explicit, care în exemplul din fig. 3 este nivelul de zgomot al instalației de condiționare.

Au fost examinate [4] cinci oferte ale producătorilor de echipamente de condiționare și pe baza relației generale de cost (10) au fost calculate costurile unitare ale serviciilor de răcire (C_s^c) și încălzire cu pompă de căldură (C_s^h), exprimate în \$(m²·h). Aparatele 1, 2, 3 funcționează la același nivel de zgomot (36 dB), pe când aparatul 4 este mai zgomotos (40 dB), iar aparatul 5 este mai silențios față de aparatul 1. Optimizarea cost-calitate permite evidențierea superiorității aparatelor 2 și

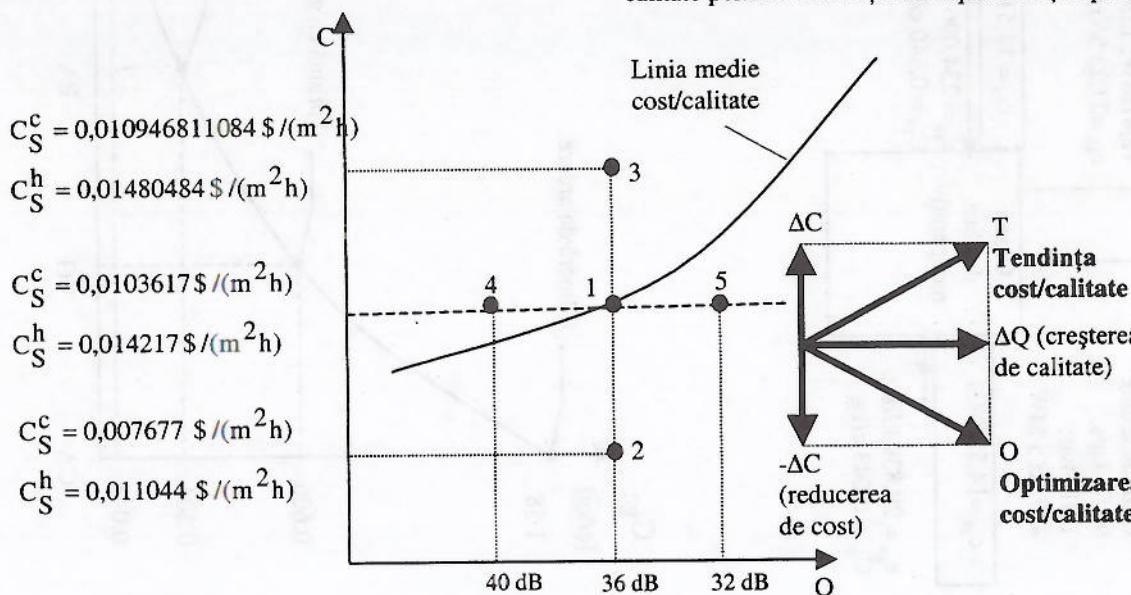


Fig. 3. Evaluarea și optimizarea cost-calitate a serviciilor de climatizare.

5, soluția definitivă depinzând de costurile (C_s^c) și (C_s^n) pe care clientul este dispus să le plătească, în funcție de calitatea serviciului obținut. Detalii asupra metodei de optimizare cost-calitate se pot găsi în lucrările [2 și 3].

7. CONCLUZII

Concluziile acestei lucrări sunt ilustrate în fig. 4.

În prima etapă de analiză un sistem energetic este evaluat cu ajutorul analizei energetice, bazată pe primul principiu al termodinamicii (v. secțiunea 2). Cu ajutorul acestei analize, eficiența uneia sau mai multor conversii energetice este apreciată folosind randamentul termodynamic η (relația 5), care nu ține cont de ireversibilitățile care apar în orice conversie. Dacă se aplică în mod combinat primele două principii ale termodinamicii, cu ajutorul analizei exergetice se poate formula un randament exergetic ϵ (relația 9), mai mic valoric decât randamentul energetic η , pentru că ține cont și de pierderile de energie și de distrugerile de energie (relația 11).

Trebuie subliniat că în România analiza energetică este preponderentă în prezent, cea exergetică fiind promovată relativ timid.

Deși superioară celei energetice, analiza exergetică (Bejan, Moran, Feidt, Dincer, Yantovski) nu poate explica analitic de ce o instalație solară, una hidraulică sau una eoliană, pentru care energia de intrare este gratuită, nu furnizează energie la un preț inferior instalațiilor energetice care folosesc și plătesc combustibil organic sau nuclear. Este nevoie de aplicarea combinată a analizei exergetice și a celei economice pentru a ajunge la explicarea constatărilor practice (v. secțiunea 4). La acest nivel de analiză a apărut constatarea că și producția materială, nu numai cea energetică, poate fi analizată exergoeconomic.

Teoria acumulării de exergie (Szargut) și metoda însumării exergiei extinse (Sciubba) pledează pentru extinderea analizei exergoeconomice la orice domeniu al producției de bunuri și servicii.

Dacă facem însă această extindere, nu trebuie să ne limităm doar la analiza exergoeconomică, ci trebuie să o combinăm cu analiza calității, astfel încât să corelăm orice cost al unui produs cu calitatea lui. Ajungem astfel la evaluarea și optimizarea prin cost-calitate, ceea mai elevată treaptă de analiză pe care o cunoaște autorul. De asemenea, în lucrare autorul propune utilizarea separată de unități de măsură pentru energie (Joule) și pentru exergie [kWh].

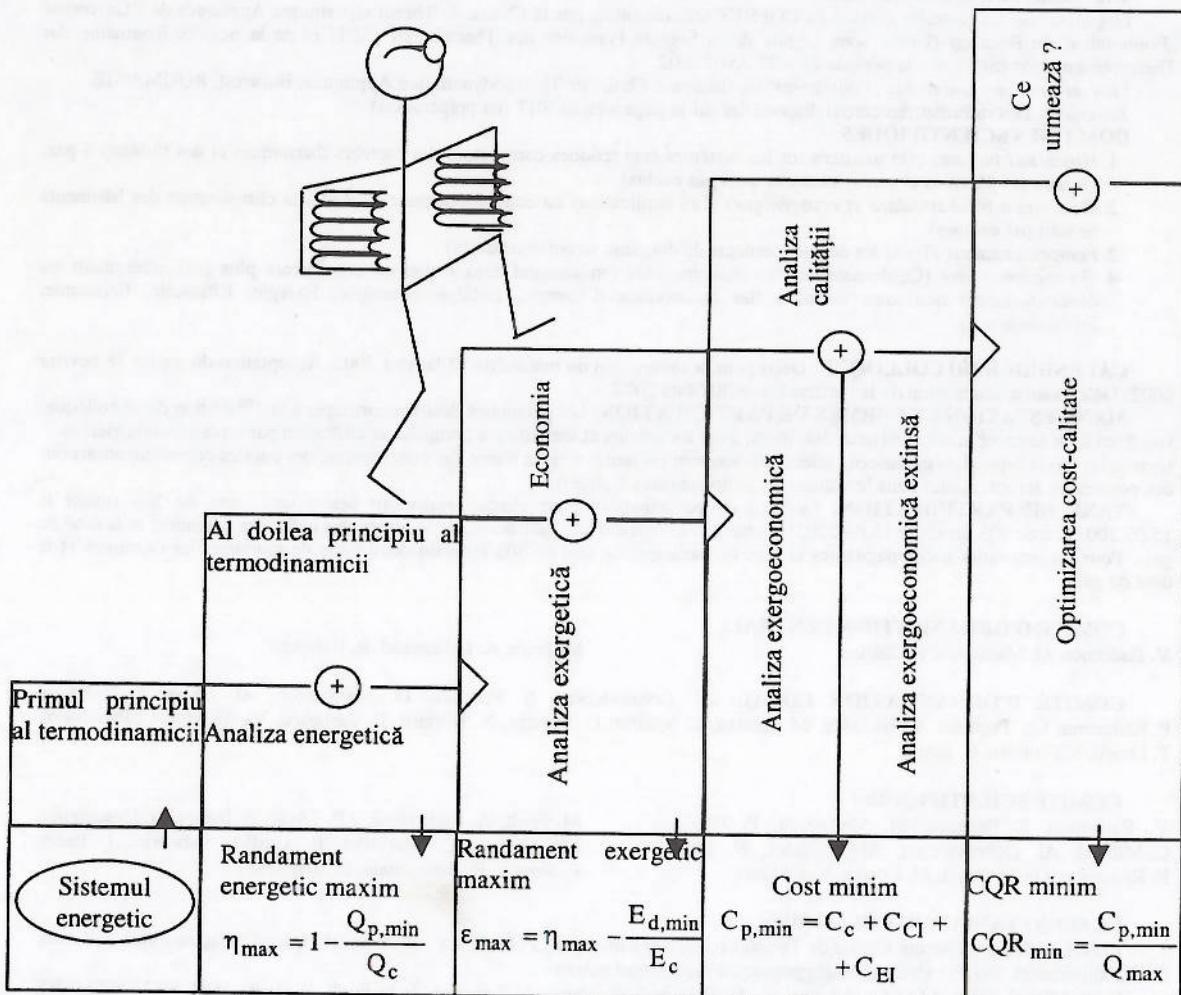


Fig. 4. Etape ale progresului în analiza producerii exergie

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M. *Thermal Design and Optimization*, John Wiley, New York, 1996.
- [2] Ioniță, C.I. *About the Application of Extended Exergy Analysis to the Optimization of Industrial Systems Using Cost-to-Quality Ratio*, ECOS Proceedings, University of Twente, The Nederlands, pp.187-198.
- [3] Ioniță, C.I. *The Cost-to Quality Ratio-Based Optimization of the Energy Production*, Entropie Nr. 232, p.10-19, 2001.
- [4] Ioniță, C.I., Popa, V. *The Analysis of the HVAC Systems Using Cost-to-Quality Criterion of Optimization*, Clima, Proceedings, Napoli, Italia (în evaluare), 2001.
- [5] Kotas, I.J. *The Exergetic Method of Thermal Plant Analysis*, Butterworths, London, 1985.
- [6] Manfrida, G. and Galli, R. *Exergy Accounting of Environmental Pollution by Power Plants*, ECOS'95, 1995.
- [7] Sciubba, E. *Beyond Thermo-Economics: The theory of extended exergetic cost and its accounting method*, Conferința XI Națională de Termotehnică, Galați, 2001.
- [8] Szargut, J. *Exergy in thermal systems analysis*, Thermodynamic Optimization of Complex Energy Systems Bejan and Mamut eds. Kluwer Academic Publishers-Dordrecht-The Nederlands, 1999.
- [9] Tsatsaronis, G. *Combination of Exergetic and Economic Analysis in Energy-Conversion Processes*, Energy Economics and Management in Industry, Proceedings of the European Congress, Algarve, Portugal, April 2-5, Pergamon Press, Oxford, England, vol.1, pp.151-157, 1984.
- [10] Valero, A., s.a. *On-line thermoeconomic diagnosis of thermal power plants*, Thermodynamic Optimization of Complex Energy Systems, Bejan and Mamut eds. Kluwer Academic Publishers-Dordrecht-The Nederlands, 1998.

2^{ème} Annonce

**COLLOQUE FRANCO - ROUMAIN SUR ÉNERGIE – ENVIRONNEMENT
– ÉCONOMIE et THERMODYNAMIQUE (COFRET)**

INFORMATIONS GÉNÉRALES:

Organisation: La première édition du COFRET sera organisée par la Chaire de Thermodynamique Appliquée de l'Université „Politehnica” de Bucarest (UPB), sous l'égide de la Société Française des Thermiciens (SFT) et de la Société Roumaine des Thermotechniciens (SRT), sur la période 25 – 27 Avril 2002.

Lieu du colloque: Université „Politehnica” de Bucarest, Chaire de Thermodynamique Appliquée, Bucarest, ROUMANIE.

Logement: Des informations seront disponibles sur la page web de SRT (en préparation)

DOMAINES SCIENTIFIQUES:

- 1. *Moteurs et turbines* (On insistera sur les systèmes énergétiques comportant des moteurs thermiques et des turbines à gaz; les moteurs d'avions et aérospatiaux ne sont pas exclus)
- 2. *Machines à froid standard et cryogéniques* (Les applications au conditionnement d'air et à la climatisation des bâtiments ne sont pas exclues)
- 3. *Pompes à chaleur* (Tous les développements du domaine seront considérés)
- 4. *Thermodynamique* (Ce domaine est un domaine plus fondamental dans lequel on considérera plus particulièrement les développements nouveaux visant à lier les notions d'Énergie, Entalpie, Entropie, Exergie, Efficacité, Economie, Environnement)

CALENDRIER DU COLLOQUE: Délai pour la soumission du manuscrit 30 Janvier 2002; Acceptation du papier 28 Février 2002; Délai pour la soumission de la version finale 30 Mars 2002.

MANIFESTATION ET FORMES DE PARTICIPATION: Les personnes désirant participer à la 1^{re} édition de ce colloque voudront bien adresser le résumé (max. 500 mots) avec les auteurs et leur adresse complète et affiliation par e-mail ou courrier, au secrétariat du colloque. Les manuscrits sélectionnés seront présentés sous la forme des conférences, des courtes communications ou des posters. Ils seront publiés dans le volume du colloque (max 8 pages).

TAXE DE PARTICIPATION: La taxe de participation, pour chaque manuscrit sélectionné, sera de 50\$ (avant le 15.03.2002) ou de 70\$ (après le 15.03.2002). Cette taxe comprend la registration, les volumes, les cafés, les déjeuners et le diné de gala. Pour les personnes accompagnantes la taxe de participation sera de 30\$ incluant deux jours de tourisme, les déjeuners et le diné de gala.

COMITÉ D'ORGANISATION CENTRAL:

V. Radencenco, M. Marinescu, F. Chiriac

M. Feidt, A. Lallemand, R. Benelmir

COMITÉ D'ORGANISATION LOCAL: Al. Dobrovicescu, S. Petrescu, O. Mălăncioiu, Al. Chisacof, N. Băran, P. Răducanu, Gh. Popescu, V. Bădescu, M. Costea, C. Mladin, D. Stanciu, N. Borianu, E. Vasilescu, V. Apostol, C. Papadopol, T. Duicu, S. Dimitriu, C. Ioniță

COMITÉ SCIENTIFIQUE:

V. Radencenco, S. Petrescu, M. Marinescu, F. Chiriac, C. Mihăilă, Al. Dobrovicescu, Al. Chisacof, N. Băran, P. Răducanu, Gh. Popescu, M. Costea, V. Bădescu

M. Feidt, A. Lallemand, J.P. Laval, F. Danes, G. Descombes, J.P. Dumas, C. Marvillet, R. Guillet, Labeyrie, J. Padet, P. Stouffs, R. Boussehain, R. Benelmir

LE SECRETARIAT DU COLLOQUE:

Prof. Gheorghe Popescu: Chaire de Thermotechnique, Université „Politehnica” de Bucarest, Splaiul Independenței, 313, sect. 6, 77206 Bucarest, ROUMANIE. E-mail:gpopescu@theta.termo.pub.ro

Prof. Michel Feidt: LEMTA, Université „H. Poincaré” de Nancy 1, 2 avenue de la Forêt de Haye, 4504 VANDOEUVRE CEDEX, FRANCE. E-mail: Michel.Feidt@ensem.inpl-nancy.fr